

# INORGANIC COMPOUND THIN FILM, MAGNETIC RECORDING MEDIUM AND MAGNETIC RECORDER

**Publication number:** JP2000327491

**Publication date:** 2000-11-28

**Inventor:** KIRINO FUMIYOSHI; INABA NOBUYUKI; TAKEUCHI TERUAKI; WAKABAYASHI KOICHIRO

**Applicant:** HITACHI MAXELL

**Classification:**

**- international:** G11B5/66; C23C14/08; C30B29/16; G11B5/64; G11B5/65; G11B5/667; G11B5/73; G11B5/738; G11B5/84; H01F10/18; C23C14/08; G11B5/66; C23C14/08; C30B29/10; G11B5/62; G11B5/64; G11B5/84; H01F10/10; C23C14/08; (IPC1-7): C23C14/08; C30B29/16; G11B5/66; G11B5/84; H01F10/18

**- European:**

**Application number:** JP19990129758 19990511

**Priority number(s):** JP19990129758 19990511

**Report a data error here**

## Abstract of JP2000327491

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To suppress the distribution of the crystal grain sizes of a magnetic recording film formed on a thin film by forming the thin film in such a manner that the thin film has a honeycomb structure which is regular hexagonal in the crystal portions of the thin film and is regularly arrayed with the crystal particles two-dimensionally in a direction parallel to a substrate and that the structure and texture of the aggregate of the crystal particles consist of the aggregate of a geometrically self-analogous shape. **SOLUTION:** Preferably the texture of the inorganic compound thin film is columnar and the form of the aggregate of the crystal particles has a fractal property. The materials of the crystalline portions are preferably  $\geq 1$  kinds among cobalt oxide, nickel oxide and iron oxide. The amorphous material enclosing the crystalline material is preferably  $\geq 1$  kinds among silicon oxide, aluminum oxide, zinc oxide, titanium oxide and tantalum oxide. The magnetic thin film is epitaxially grown in the inorganic compound thin film from the crystal particle portions. The regulation of the distribution of the crystal particle sizes of the magnetic recording film for magnetic recording media is made possible and the noise and thermal fluctuation of a magnetic disk may be lessened.

---

Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

**Family list****6 family members for: JP2000327491**

Derived from 6 applications

[Back to JP2000327](#)

- 1 Magnetic recording medium and its production method, and magnetic recorder**  
**Inventor:** KIRINO FUMIYOSHI; INABA NOBUYUKI; **Applicant:** HITACHI MAXELL (+2)  
**EC:** G11B5/72; G11B5/73N; (+1) **IPC:** G11B5/72; G11B5/73; G11B5/84 (+11)  
**Publication info:** AU4431100 A - 2000-11-21
- 2 INORGANIC COMPOUND THIN FILM, MAGNETIC RECORDING MEDIUM AND MAGNETIC RECORDER**  
**Inventor:** KIRINO FUMIYOSHI; INABA NOBUYUKI; **Applicant:** HITACHI MAXELL (+2)  
**EC:** **IPC:** G11B5/66; C23C14/08; C30B29/16 (+21)  
**Publication info:** JP2000327491 A - 2000-11-28
- 3 MANUFACTURE FOR MAGNETIC RECORDING MEDIUM**  
**Inventor:** KIRINO FUMIYOSHI; INABA NOBUYUKI; **Applicant:** HITACHI MAXELL (+2)  
**EC:** **IPC:** G11B5/66; G11B5/64; G11B5/65 (+8)  
**Publication info:** JP2001006165 A - 2001-01-12
- 4 Magnetic recording medium and its production method, and magnetic recorder**  
**Inventor:** KIRINO FUMIYOSHI (JP); INABA NOBUYUKI (JP); (+2) **Applicant:** HITACHI MAXELL (JP)  
**EC:** G11B5/72; G11B5/73N; (+1) **IPC:** G11B5/72; G11B5/73; G11B5/84 (+7)  
**Publication info:** US6730421 B1 - 2004-05-04
- 5 Magnetic recording medium, method for producing the same, and magnetic recording apparatus**  
**Inventor:** KIRINO FUMIYOSHI (JP); INABA NOBUYUKI (JP); (+2) **Applicant:** HITACHI MAXELL (JP)  
**EC:** G11B5/72; G11B5/73N; (+1) **IPC:** G11B5/72; G11B5/73; G11B5/84 (+4)  
**Publication info:** US2004166376 A1 - 2004-08-26
- 6 MAGNETIC RECORDING MEDIUM AND ITS PRODUCTION METHOD, AND MAGNETIC RECORDER**  
**Inventor:** KIRINO FUMIYOSHI (JP); INABA NOBUYUKI (JP); (+2) **Applicant:** HITACHI MAXELL (JP); KIRINO FUMIYOSHI (JP); (+3)  
**EC:** G11B5/72; G11B5/73N; (+1) **IPC:** G11B5/72; G11B5/73; G11B5/84 (+11)  
**Publication info:** WO0068941 A1 - 2000-11-16

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-327491

(P2000-327491A)

(43) 公開日 平成12年11月28日 (2000.11.28)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームト* (参考)
C 3 0 B	29/16	C 3 0 B 29/16	4 G 0 7 7
G 1 1 B	5/66	C 1 1 B 5/66	4 K 0 2 9
	5/84		Z 5 D 0 0 6
H 0 1 F	10/18	H 0 1 F 10/18	5 D 1 1 2
// C 2 3 C	14/08	C 2 3 C 14/08	K 5 E 0 4 9
審査請求 未請求 請求項の数17 O L (全 8 頁)			

(21) 出願番号 特願平11-129758

(22) 出願日 平成11年5月11日 (1999.5.11)

(71) 出願人 000003810

日立マクセル株式会社

大阪府茨木市丑寅1丁目1番88号

(72) 発明者 桐野 文良

大阪府茨木市丑寅1丁目1番88号 日立マ  
クセル株式会社内

(72) 発明者 稲葉 信幸

大阪府茨木市丑寅1丁目1番88号 日立マ  
クセル株式会社内

(74) 代理人 100080193

弁理士 杉浦 康昭

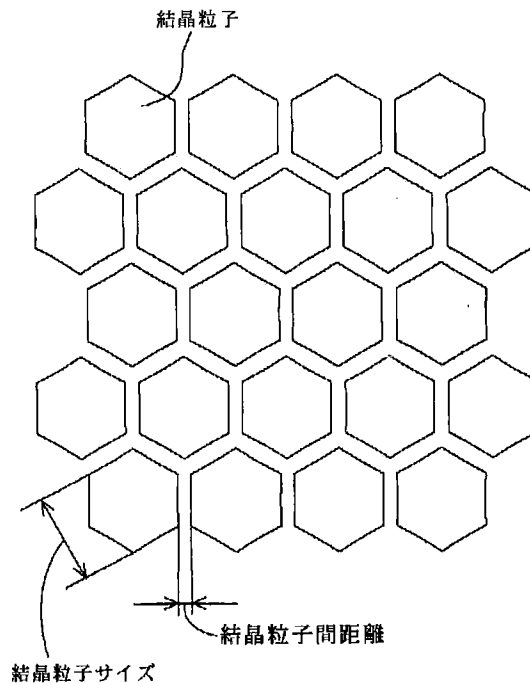
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 無機化合物薄膜、磁気記録媒体および磁気記録装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 従来技術では、磁気記録媒体の結晶粒子サイズを金属薄膜により分布を抑制したものであるが、その結果として、粒子サイズの分布が熱揺らぎやノイズを低減するには必ずしも十分ではなく、特に、小さな磁性粒子については熱揺らぎが生じ、逆に、大きな粒子については装置として駆動させた場合にノイズの原因になる場合があった。

【解決手段】 ディスク基板上に、六角形の結晶粒子とその粒子を取り囲むように非晶質物質領域が存在しており、結晶粒子が自己相似図形を形成しており、その図形がフラクタル性を有する無機化合物薄膜を下地膜に用い、その結晶質粒子からCo系磁性膜をエピタキシャル成長させ、下地膜と同じ形状の磁性粒子とすることにより、上記の目的を実現することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくとも結晶質部分と該結晶質部分を取り囲むように存在する非晶質領域とからなる無機化合物薄膜において、該無機化合物薄膜の結晶質部分の形状が正六角形で、かつ、該結晶質粒子が基板と平行方向に二次元的に規則的に配列したハニカム構造を有しており、該結晶粒子部分が結晶配向しており、しかも結晶粒子の集合体の構造および組織が幾何学的に自己相似図形の集合体からなる構造を有する材料の薄膜であることを特徴とする無機化合物薄膜。

【請求項2】 請求項1に記載の無機化合物薄膜において、基板と垂直方向の該無機化合物薄膜の組織が柱状組織であることを特徴とする無機化合物薄膜。

【請求項3】 請求項1および2に記載の無機化合物薄膜において、該無機化合物薄膜の結晶粒子が集まってできた集合体の形態が、薄膜形成面と平行方向からみて幾何学的に自己相似図形を形成することにより、その結晶粒子の集合体がフラクタル性を有し、該フラクタル性が位相次元:  $di_{m_T}$  と Hausdorff 次元 (実数の次元関数):  $di_{m_H}$  の関係が  $di_{m_T} < di_{m_H}$  の関係で表されることを特徴とする無機化合物薄膜。

【請求項4】 請求項1から3に記載の無機化合物薄膜において、該結晶粒子間のいずれの結晶粒子においても、結晶粒子間の距離が一定であり、かつ、その値が0.5nm以上、2nm以下であることを特徴とする無機化合物薄膜。

【請求項5】 請求項1から4に記載の無機化合物薄膜において、該結晶質物質が酸化コバルト、酸化ニッケル、あるいは酸化鉄のうちより選ばれる少なくとも1種類の化合物であり、該結晶質を取り囲んでいる非晶質物質が酸化シリコン、酸化アルミニウム、酸化クロム、酸化ジルコニウム、酸化亜鉛、酸化チタン、酸化タンタルのうちより選ばれる少なくとも1種類の化合物であることを特徴とする無機化合物薄膜。

【請求項6】 請求項3に記載の無機化合物薄膜において、該無機化合物薄膜の構造ならびに組織におけるフラクタル性を表す次元のうち、位相次元:  $di_{m_T}$  において、その値が2であることを特徴とする無機化合物薄膜。

【請求項7】 請求項1から6に記載の無機化合物薄膜と、該無機化合物薄膜上に形成した磁性薄膜が、該無機化合物薄膜における結晶粒子部分からエピタキシャル的に磁性薄膜を成長させ、かつ、該磁性薄膜の組織あるいはその構造が該無機化合物薄膜の組織あるいは構造、さらに優位には該無機化合物薄膜における結晶粒子と同一となるように該無機化合物薄膜により制御したことを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項8】 請求項7に記載の磁気記録媒体において、該無機化合物薄膜の結晶質部分に相当する部分の磁性薄膜における磁気特性と非晶質部分に相当する部分の磁性薄膜における磁気特性とが異なる磁性を有し、か

つ、異なる磁性を有することにより結晶質部分に相当する部分の磁性粒子間の磁氣的相互作用が低減されていることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項9】 請求項7および8に記載の磁気記録媒体において、該磁性薄膜はCoを主体とし、これに、Pt, Ta, Cr, Ti, Si, Nb, Pdの内より選ばれる少なくとも1種類以上の元素を含んでいることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項10】 請求項7に記載の磁気記録媒体において、該無機化合物薄膜における結晶質粒子からエピタキシャル成長させる磁性薄膜が、請求項9に記載のCoを主体とする磁性粒子であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項11】 請求項7および10に記載の磁気記録媒体において、該無機化合物薄膜における結晶質粒子の格子面間隔と、該磁性薄膜の磁性粒子の格子面間隔の差が10%未満であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項12】 請求項11に記載の磁気記録媒体において、該磁性薄膜はCrを主体とし、これにTa, Ti, Si, Nbの内より選ばれる少なくとも1種類の元素を含んだ合金層を該無機化合物層と該磁性層の間に設けることにより、該無機化合物薄膜における結晶質粒子の格子面間隔と該磁性薄膜の磁性粒子の格子面間隔格子面間隔の差を10%未満としたことを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項13】 請求項8に記載の磁気記録媒体において、該無機化合物薄膜中の結晶質部分と非晶質部分に対応した磁性膜の磁気特性の違いとして、磁気異方性、飽和磁化、保磁力の内から選ばれる少なくとも一種類の磁性が異なることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項14】 請求項7から13に記載の磁気記録媒体において、該磁気記録媒体はガラスあるいはAl合金基板上に形成され、ディスク状であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項15】 少なくとも請求項14に記載の磁気記録媒体と、駆動装置、磁気ヘッド、電子回路より構成される磁気ディスク装置を構成し、該磁気記録媒体上にユーザーが情報を記録する領域を有し、かつ、該領域にユーザーが情報を記録したことを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項16】 請求項15に記載の磁気ディスク装置において、該ユーザーが情報を記録する領域に、音楽、画像、数値データのいずれより選ばれる少なくとも1種類の情報を記録したことを特徴とする磁気ディスク装置。

【請求項17】 請求項7から13に記載の磁気記録媒体に、請求項15記載の装置によりユーザーが情報を記録できる領域に情報を記録する場合において、前記磁気記録媒体における磁化反転単位が磁性結晶粒子サイズと同じか最大で3倍以内であることを特徴とする磁気ディスク装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、情報を記録、再生、消去を行う情報記録装置にかかり、特に、20Gb/in<sup>2</sup>を超える超高密度の情報の記録が可能な磁気記録装置に用いる磁気ディスクならびに磁気記録媒体の構造に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】近年の高度情報化社会の進展にはめざましいものがあり、各種形態の情報を統合したマルチメディアが急速に普及してきている。これを支える情報記録装置の1つに磁気ディスク装置がある。現在、磁気ディスク装置は、記録密度を向上させつつ小型化が図られている。それと並行して、ディスク装置の低価格化が急速に進められている。ところで、磁気ディスクの高密度化を実現するためには、1) ディスクと磁気ヘッドとの距離をつめること、2) 媒体の保磁力を増大させること、3) 信号処理方法を工夫することなどが必須の技術である。

【0003】中でも、磁気記録媒体においては、高密度記録を実現するために、保磁力の増大が必須である。これに加えて、10Gb/in<sup>2</sup>を超える記録密度を実現するためには、磁化反転が生じる単位を小さくしなければならない。そのためには、磁性粒子のサイズを微細化することが必要である。さらに、磁性粒子のサイズの微細化と同時に、そのサイズの分布を低減することが、熱揺らぎの観点から重要となってきている。これらを実現する方法として、磁性膜の下にシード薄膜を設けることが提案されている。その一例としてUSP-4652499をあげることができる。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記の従来技術では、磁気記録媒体の結晶粒子サイズを金属薄膜を下地膜に用いることにより粒子サイズの分布を抑制したものである。しかし、その結果として、10Gb/in<sup>2</sup>を超える記録密度を実現するためには、粒子サイズの分布が熱揺らぎやノイズを低減するには必ずしも十分ではなく、特に、小さな磁性粒子については熱揺らぎが生じ、逆に、大きな粒子については装置として駆動させた場合にノイズの原因になる場合があった。

【0005】そこで、本発明の第1の目的は、2次的にハニカム構造を有し、その形態がフラクタル性を有する無機化合物薄膜上にじき記録膜を形成することにより、磁気記録媒体用の磁気記録膜の結晶粒子サイズの分布を抑制することが可能になり、磁気ディスクのノイズや熱揺らぎを低減し、超高密度の記録が可能な磁気ディスクおよびそのディスクを用いた磁気記録装置を提供することにある。本発明の第2の目的は、作製した磁気記録用媒体の結晶粒子の形態が下地膜の形態を反映した規則配列をした材料を提供し、磁気記録装置におけるノイズを低下させることにある。本発明の第3の目的は、磁気記録媒体用の磁気記録膜の結晶粒子サイズの分布を抑制す

ることにより磁気記録媒体の磁性膜の耐食性を向上させた磁気記録媒体を提供することにより、高信頼性を有する磁気ディスクを提供することにある。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】上記の目的を実現するために、少なくとも結晶質部分と該結晶質部分を取り囲むように非晶質領域が存在する無機化合物薄膜を用いる。その無機化合物薄膜の結晶質部分の形状が正六角形で、かつ、その結晶質粒子が基板と平行方向に二次元的に規則的に配列したハニカム構造を有している材料を用いることが好ましい。そして、その無機化合物薄膜における結晶粒子の集合体の構造および組織が幾何学的に自己相似図形の集合体からなる構造を有する材料の薄膜であることが好ましい。また、この無機化合物薄膜を基板と垂直方向から観察したところ、この無機化合物薄膜の組織が柱状組織であることがもっとも好ましい。さらに、この無機化合物薄膜において、結晶粒子が集まってできた集合体の形態が、基板と平行方向の形態が幾何学的に自己相似図形を形成することにより、その結晶粒子の集合体がフラクタル性を有していることが好ましい。そして、フラクタル性を表現するのに、位相次元:  $\dim_T$  と Hausdorff次元(実数の次元関数):  $\dim_H$  の関係が、 $\dim_T < \dim_H$  で表される。無機化合物薄膜において、結晶粒子の集合体がフラクタル性を有するために、その結晶粒子を取り囲むように存在する非晶質物質において、結晶粒子間の距離が一定でなければならない。しかも、その距離が0.5nm以上、2nm以下であることがもっとも好ましい。0.5nm以下および2nm以上では、この無機化合物薄膜の構造および組織のフラクタル性が失われるので好ましくない。先の無機化合物薄膜の構造ならびに組織のフラクタル性を表す次元の中で、位相次元:  $\dim_T$  において、その値が2であることが好ましい。この無機化合物薄膜において、結晶質部分の物質が酸化コバルト、酸化ニッケル、あるいは酸化鉄のうちより選ばれる少なくとも1種類の化合物であり、そして、結晶質を取り囲んでいる非晶質物質が酸化シリコン、酸化アルミニウム、酸化クロム、酸化ジルコニウム、酸化亜鉛、酸化チタン、酸化タンタルのうちより選ばれる少なくとも1種類の化合物であることがもっとも好ましい。

【0007】上記のような構造を有する無機化合物薄膜上に、無機化合物薄膜の結晶粒子部分からエピタキシャル的に磁性薄膜を成長させ、かつ、その組織あるいはその構造が無機化合物薄膜の組織あるいは構造などの形態と同一となるように無機化合物薄膜により制御することが好ましい。このように、無機化合物薄膜から成長させた磁性膜において、無機化合物薄膜の結晶質部分に相当する部分の磁性膜における磁気特性と非晶質部分に相当する部分の磁性膜における磁気特性とが異なる磁性を有し、かつ、異なる磁性を有することにより結晶質部分に相当する部分の磁性粒子間の磁氣的相互作用を低減する

ことができる。ここで、用いる具体的な材料として、Coを主体とし、これに、Pt, Ta, Cr, Ti, Si, Nb, Pdの内より選ばれる少なくとも1種類以上の元素を含んでいる合金材料を用いることが好ましい。さらに詳しくは、無機化合物薄膜の結晶質粒子からエピタキシャル成長させるのが、上述のCoを主体とする磁性粒子である。さらに、用いる材料によっては、磁性膜の格子定数と無機化合物層の結晶質の格子定数が異なるためにエピタキシャル成長できない場合があった。この課題に対しては、先の無機化合物薄膜における結晶質粒子からCoを主体とする磁性粒子をエピタキシャル成長させるのに、無機化合物薄膜における結晶質粒子の格子面間隔とCoを主体とする磁性粒子の格子面間隔とが10%以上異なる場合、Crを主体とし、これにTa, Ti, Si, Nb, Mo, W, Ru, Vの内より選ばれる少なくとも1種類の元素を含んだ合金層をその無機化合物層と磁性層の間に設けることにより、格子面間隔の差を10%未満とすることにより解決できる。また、無機化合物薄膜を形成することにより、無機化合物薄膜中の結晶質部分と非晶質部分に対応した磁性膜に生じる磁気特性の違いとして、磁気異方性、飽和磁化、保磁力の内から選ばれる少なくとも一種類の磁性であることが好ましい。

【0008】このようにして作製した磁気記録媒体をガラスあるいはAlあるいはAl合金基板上に形成し、ディスク状とすればよい。この磁気ディスクと駆動装置、磁気ヘッド、電子回路より構成される磁気ディスク装置を構成し、磁気ディスク装置を用いて、磁気記録媒体にユーザーが情報を記録する。その場合、磁気ディスク上にユーザーが記録する領域を有し、かつ、その領域に情報を記録すればよい。ところで、この磁気ディスク装置に記録する情報は、音楽、画像、数値データの内より選ばれる少なくとも1種類の情報を記録することが好ましい。ところで、磁気記録媒体に、磁気ディスク装置を用いてユーザーが情報を記録できる領域に情報を記録する場合、磁気記録媒体における磁化反転単位が磁性結晶粒子サイズと同じか最大で3倍以内であることが好ましい。これは、磁気記録装置において、面記録密度：20Gb/in<sup>2</sup>を超える記録密度を実現する上で必須となる。

【0009】

【発明の実施の形態】

【0010】

【実施例】さらに本発明の詳細を実施例を用いてさらに詳しく説明する。

【0011】（実施例1）本実施例は、ディスク基板上に本発明の自己相似図形を構成しているフラクタル性を有する結晶粒子を含む無機化合物薄膜を形成した後に磁性膜を形成した場合である。

【0012】作製した磁気ディスク用基体の断面構造の模式図を図1に示す。基板(1)にはガラス基板を用い、その上に無機化合物薄膜(2)として自己相似図形を構成し

ているフラクタル性を有する結晶粒子を含む無機化合物薄膜をスパッタ法により作製した。用いた材料はCoO-SiO<sub>2</sub>混合物(混合比；CoO:SiO<sub>2</sub>=3:1)をターゲットに用い、Arを放電ガスに用いた。スパッタの方式としてECR(エレクトロンサイクロトロンレゾナンス)スパッタ法を用いた。マイクロ波電力が1.25GHz、放電ガス圧力が5mTorrである。得られた無機化合物薄膜(2)の結晶構造をX線回折法により調べた。その結果を図2に示す。この図から、 $2\theta=62.5^\circ$ 付近にCoOの220に起因するピークが得られた。さらに、この膜の構造を透過型電子顕微鏡(TEM)により観察した。得られた結果の模式図を図3に示す。まず、平面観察から、この磁性膜の表面は、正六角形の粒子が2次的に規則的に配列したいわゆるハニカム構造を有していた。この構造は、成膜条件や組成を制御することにより、所望の構造を有する無機化合物膜が得られる。さらに、 $\mu$ -EDXにより結晶粒子とその粒界を分析したところ、結晶粒子はCoの酸化物(溶質物質)であり、その粒界に存在しているのはSiO<sub>2</sub>(溶媒物質)であった。この無機化合物膜の配列方法に着目すると、正六角形の結晶粒子の集合体であり、さらに、幾何学的には、図4に示すような自己相似図形を構成していることがわかる。この形態をフラクタル的視点から概観する。フラクタル性を位相次元:dim<sub>T</sub>と、Hausdorff次元(実数の次元関数):dim<sub>H</sub>を用いると、その数値の関係はdim<sub>T</sub><dim<sub>H</sub>で表される。ここで、dim<sub>T</sub>は二次元の平面であるので2となり、dim<sub>H</sub>はdim<sub>H</sub>≤n(ここではn=2)であり、dim<sub>T</sub><dim<sub>H</sub>であることがわかる。このように、無機化合物薄膜が結晶粒子の集合体がフラクタル性を有するために、その結晶粒子を取り囲むように存在する非晶質物質においても、結晶粒子間の距離は1.5 nmで一定になっているので、この無機化合物薄膜の構造および組織のフラクタル性が失われていない。ここで、結晶粒子間の距離が0.5 nm以下になったり、逆に、2nmを超えると無機化合物薄膜の構造ならびに組織のフラクタル性が失われるので、非晶質相(粒界相)の厚さは一定の範囲に制御しなければならない。上述の実験では、ターゲットとして、CoOとSiO<sub>2</sub>との混合したものを焼結して用いたが、これらの各化合物を単体で焼結したものをターゲットに用い、二元同時スパッタにより成膜してもよく、成膜法やターゲットの種類には依存しない。また、本実施例はガラス基板上に無機化合物薄膜を形成した場合であるが、本実施例で示した例では、基板にガラスを用いたが、基板の材質に依存した効果ではない。AlやAl合金などの金属基板やポリカーボネイトやアモルファスポリオレフィンなどのプラスチックの基板を用いても良いことは言うまでもない。

【0013】以上により得られた基板上に無機化合物薄膜を形成したものを情報記録用の基板、特に、磁気ディスクや光ディスク用の基体として用いることが最も好適である。

【0014】(実施例2)本実施例は、実施例1で作製した無機化合物薄膜(2)をガラス基板(1)上に形成した基体を用いて、その上に磁性膜を形成した場合である。

【0015】作製した磁気ディスクの断面構造の模式図を図5に示す。磁性膜(3)として、 $\text{Co}_{69}\text{Cr}_{19}\text{Pt}_{12}$ 膜を15 nm膜厚にDCスパッタ法により実施の形態1により作製した基体上に形成した。磁性膜の作製中は、基板を300°Cに加熱した。ターゲットにはCo-Cr-Pt合金を、放電ガスには純Arをそれぞれ使用した。スパッタ時の圧力は、3m Torrである。投入DC電力は1kW/150mmφである。その上に、保護膜(4)として、C膜を5 nmの膜厚に形成した。スパッタの条件は、投入DC電力密度が1kW/150mmφ、放電ガス圧力が5 mTorrである。ここでは、スパッタガスにArを使用した。窒素を含むガスを用いてもよいことは言うまでもない。これは、粒子が微細化するために、得られる膜が緻密化し、保護性能を向上させることができる。この膜の膜質は、このようなスパッタの方法に加えて、得られる膜の性質が装置に大きく依存しているので、この条件や手法は絶対的なものではない。

【0016】次に、この磁性膜の構造をTEM観察により調べたところ、無機化合物薄膜の構造ならびに形状を反映して、ハニカム構造を有していた。電子顕微鏡による平面の観察により、250個の結晶粒子について調べたところ、粒子の平均粒子径は10nmであり、粒子径分布を求めたところ、標準偏差:  $\sigma$ で1nm以下であった。粒子サイズの分布はTEMの分解能の限界に近い値であった。このように、磁性膜の粒子は微細化しており、かつ、サイズの分布が小さく、無機化合物薄膜と同一であることがわかった。当然ながら、磁性膜(3)の粒子形状は、無機化合物薄膜と同一の二次元的に規則的に配列したハニカム構造を有していた。磁性膜の形態がフラクタル性を有していることは当然である。このことは、サイズのそろった六角形を有する磁性結晶粒子が、無機化合物の薄膜層から連続して二次元的に規則的に配列している(ハニカム構造)ことを示している。断面をTEMにより観察したところ、無機化合物薄膜(2)と磁性膜層(3)の間には、格子のつながりが見られ、磁性膜は無機化合物薄膜からエピタキシャル成長していることがわかった。また、結晶相と粒界相とでは、磁性膜の成長機構が異なり、異なる金属組織を有していることがわかった。特に、無機化合物の結晶粒子からは良好な柱状組織が成長していたが、粒界相からは、明確な組織は見られなかった。このような組織は、非磁性的な挙動を示すことが知られている。X線的には、 $2\theta=62.5^\circ$ 付近にピークが観測され、TEM観察結果と合わせて考えると、このピークはCoの(102)が強く配向していることがわかった。

【0017】この磁性膜の磁気特性を測定した。得られた磁気特性は、保磁力が3.5 kOe、 $I_{sv}$ が $2.5 \times 10^{-16}$  emu、M-Hループにおけるヒステリシスの角型性の指標であるSが0.8、S $\dagger$ が0.86であり、良好な磁気特性を有して

いた。このように、角型性を示す指標が大きい(角型に近い)のは、無機化合物薄膜の結晶粒界層を反映して磁性膜の成長機構が異なったために、磁性結晶粒子間の相互作用が低減されたためである。この磁性膜を走査磁気力顕微鏡(MFM)により観察したところ、磁性膜の結晶粒子部分は粒界部分とで磁気的な特性が異なっていることがわかった。結晶粒界部分では、保磁力および磁気異方性が急激に減少していた。

【0018】次に、このような磁気特性を有する磁性膜を用いた磁気ディスクの媒体表面に潤滑剤を塗布してディスクの記録再生特性を評価した。作製した磁気ディスク装置は、図6に示すように、磁気ディスク(51)、磁気ヘッド(53)、スピンドルモータ(52)、磁気ヘッドを駆動するアクチュエータ(54)から構成される。記録には、2.1Tの高飽和磁束密度を有する軟磁性膜を用いた磁気ヘッドを記録ヘッドの用いた。また、巨大磁気抵抗効果を有するヘッドにより再生した。ヘッド面と磁性膜との距離は20nmである。このディスクに40 GB/inch<sup>2</sup>に相当する信号を記録してディスクのS/Nを評価したところ、32dBの再生出力が得られた。ここで、磁気力顕微鏡(MFM)により磁化反転単位を測定したところ、磁化反転単位は、粒子2から3個分程度であり、十分小さいことがわかった。これと合わせて、磁化遷移領域に存在するジグザグパターンも従来の媒体より著しく小さかった。また、熱揺らぎや熱による減磁も発生しなかった。これは、磁性膜の結晶粒子サイズの分布が小さいことに起因している。また、このディスクの欠陥レートを測定したところ、信号処理を行わない場合の値で、 $1 \times 10^{-5}$ 以下であった。

【0019】ここでは、ガラス基板上に結晶質の格子定数を制御するための薄膜を形成した例を述べたが、この薄膜を形成した材料を用いて基板を作製し、この上に磁性膜を形成してもよいことは言うまでもない。また、本例では溶質物質に酸化コバルトを用いた例を述べたが、この効果は酸化クロム、酸化鉄あるいは酸化ニッケルを用いても同様の効果が得られた。さらに、溶媒の酸化物として酸化シリコンを用いたが、これ以外に、酸化アルミニウム、酸化チタン、酸化タンタルあるいは酸化亜鉛を用いても同様の結果が得られた。ここで、酸化シリコンと酸化亜鉛を混合させたもの溶媒分子として用いると、その混合比により結晶粒子どうしの間隔を制御することができる。

【0020】(実施例3)本実施例は、ガラス基板上に形成した無機化合物薄膜の結晶質部分の格子面間隔とその上に形成する磁性膜の格子面間隔が10%以上異なり、両者の間に中間層を設けた場合である。

【0021】作製した磁気ディスクの断面構造の模式図を図7に示す。まずはじめに、実施例1により作製した基体上に金属中間膜(5)である $\text{Cr}_{85}\text{Ti}_{15}$ を30nmの膜厚に形成した。その上に磁性膜(3)として、 $\text{Co}_{69}\text{Cr}_{17}\text{Pt}_{10}\text{Ta}_4$

膜を15 nm膜厚にDCスパッタ法により形成した。磁性膜を作製中は、基板を300°Cに加熱した。ターゲットにはCo-Cr-Pt-Ta合金を、放電ガスには純Arをそれぞれ使用した。スパッタ時の圧力は、3mTorrである。投入DC電力は1kW/150mmφである。その上に、保護膜(4)として、C膜を5 nmの膜厚に形成した。スパッタの条件は、投入DC電力密度が1kW/150mmφ、放電ガス圧力が5 mTorrである。ここでは、スパッタガスにArを使用した。窒素を含むガスを用いてもよいことは言うまでもない。これは、粒子が微細化するために、得られる膜が緻密化し、保護性能を向上させることができるからである。この膜の膜質は、このようなスパッタの方法に加えて、得られる膜の性質が装置に大きく依存しているため、この条件や手法は絶対的なものではない。

【0022】次に、この磁性膜の構造をTEM観察により調べたところ、無機化合物薄膜の構造ならびに形状を反映して、ハニカム構造を有していた。電子顕微鏡による平面の観察により、250個の結晶粒子について調べたところ、粒子の平均粒子径は10nmであり、粒子径分布を求めたところ、標準偏差:  $\sigma$  が1nm以下であった。粒子サイズの分布はTEMの分解能の限界に近い値であった。このように、磁性膜の粒子は微細化しており、かつ、サイズの分布が小さく、無機化合物薄膜と同一であることがわかった。当然ながら、磁性膜(3)の粒子形状は、無機化合物薄膜と同一の二次元的に規則的に配列したハニカム構造を有していた。磁性膜の形態がフラクタル性を有していることは当然である。このことは、サイズのそろった六角形を有する磁性結晶粒子が、無機化合物の薄膜層から連続して二次元的に規則的に配列している(ハニカム構造)ことを示している。断面をTEMにより観察したところ、無機化合物薄膜(2)、金属中間膜(5)と磁性膜層(3)の間には、格子のつながりが見られ、磁性膜は無機化合物薄膜から中間膜を介してエピタキシャル成長していることがわかった。また、結晶相と粒界相とは、磁性膜の成長機構が異なり、異なる金属組織を有していることがわかった。特に、無機化合物の結晶粒子からは良好な柱状組織が成長していたが、粒界相からは、明確な組織は見られなかった。このような組織は、非磁性的な挙動を示すことが知られている。X線的には、 $2\theta=6.25^\circ$  付近にピークが観測され、TEM観察結果と合わせて考えると、このピークはCoの(102)が強く配向していることがわかった。ここで、磁性膜と無機化合物薄膜との格子面間隔の差は15%であり、このままでは、無機化合物薄膜中の結晶粒子から良好なエピタキシャル成長は見られなかった。実験によると、10%以上異なるとエピタキシャル成長が阻害され、より好ましくはその差が5%以内であることが好ましい。

【0023】この磁性膜の磁気特性を測定した。得られた磁気特性は、保磁力が3.5 kOe、 $I_{sv}$ が $2.5 \times 10^{-16}$  emu、M-Hループにおけるヒステリシスの角型性の指標であ

るSが0.8、S $\dagger$ が0.86であり、良好な磁気特性を有していた。このように、角型性を示す指標が大きい(角型に近い)のは、無機化合物薄膜の結晶粒界層を反映して磁性膜の成長機構が異なったために、磁性結晶粒子間の相互作用が低減されたためである。この磁性膜を走査磁気力顕微鏡(MFM)により観察したところ、磁性膜の結晶粒子部分は粒界部分とで磁気的な特性が異なっていることがわかった。結晶粒界部分では、保磁力および磁気異方性が急激に減少していた。

【0024】次に、このような磁気特性を有する磁性膜を用いた磁気ディスクの媒体表面に潤滑剤を塗布してディスクの記録再生特性を評価した。記録には、2.1Tの高飽和磁束密度を有する軟磁性膜を用いた磁気ヘッドを記録ヘッドの用いた。また、巨大磁気抵抗効果を有するヘッドにより再生した。ヘッド面と磁性膜との距離は20nmである。このディスクに40 GB/inch<sup>2</sup>に相当する信号を記録してディスクのS/Nを評価したところ、32dBの再生出力が得られた。ここで、磁気力顕微鏡(MFM)により磁化反転単位を測定したところ、磁化反転単位は、粒子2から3個分程度であり、十分小さいことがわかった。これと合わせて、磁化遷移領域に存在するジグザグパターンも従来の媒体より著しく小さかった。また、熱揺らぎや熱による減磁も発生しなかった。これは、磁性膜の結晶粒子サイズの分布が小さいことに起因している。また、このディスクの欠陥レートを測定したところ、信号処理を行わない場合の値で $1 \times 10^{-5}$ 以下であった。

【0025】本実施例では、磁性膜の結晶相と無機化合物薄膜の結晶粒子との格子面間隔の差を金属中間膜により是正する手法を述べた。この方法以外に、無機化合物薄膜中の結晶相に結晶相の金属よりイオン半径の大きな元素を侵入させても同様の効果が得られる。本実施例の場合、結晶相のコバルト酸化物にFeやNiなどを10at%程度加えることにより、Cr-Ti膜と同様の効果が得られた。また、FeやNi以外にも、遷移金属を用いても同様の効果が得られる。

#### 【0026】

【発明の効果】二次元的にハニカム構造を有し、その形態がフラクタル性を有する無機化合物薄膜上に磁気記録膜を形成することにより、磁気記録媒体用の磁気記録膜の結晶粒子サイズの分布を抑制することが可能になり、磁気ディスクのノイズや熱揺らぎを低減し、超高密度の記録が可能な磁気ディスクおよびそのディスクを用いた磁気記録装置を提供することができた。また、作製した磁気記録用媒体の結晶粒子の形態が下地膜の形態を反映した規則配列をした材料を提供し、磁気記録装置におけるノイズを低下させることができた。さらに、磁気記録媒体用の磁気記録膜の結晶粒子サイズの分布を抑制することにより磁気記録媒体の磁性膜の耐食性を向上させた磁気記録媒体を提供することにより、高信頼性を有する磁気ディスクを提供することができた。以上の効果によ



り、磁気記録装置において、面記録密度：20Gb/in<sup>2</sup>を超える記録密度を実現することができた。

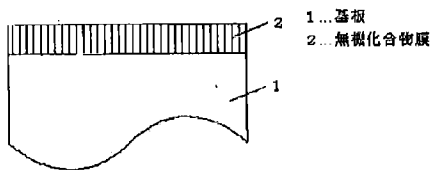
【図面の簡単な説明】

- 【図1】磁気ディスク基体の断面構造を示す模式図。
- 【図2】無機化合物薄膜のX線回折プロファイル。
- 【図3】透過型電子顕微鏡(TEM)観察結果の模式図。
- 【図4】自己相似図形を説明する図。
- 【図5】磁気ディスクの断面構造を示す模式図。
- 【図6】磁気ディスク装置の構成を示す模式図。
- 【図7】磁気ディスクの断面構造を示す模式図。

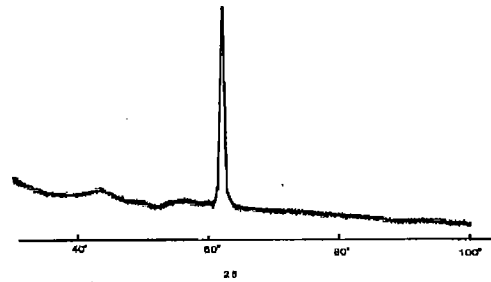
【符号の説明】

- 1 基板
- 2 無機化合物膜
- 3 磁性膜
- 4 保護膜
- 51 磁気ディスク円盤
- 52 スピンドルモータ
- 53 磁気ヘッド
- 54 磁気ヘッドアクチュエータ

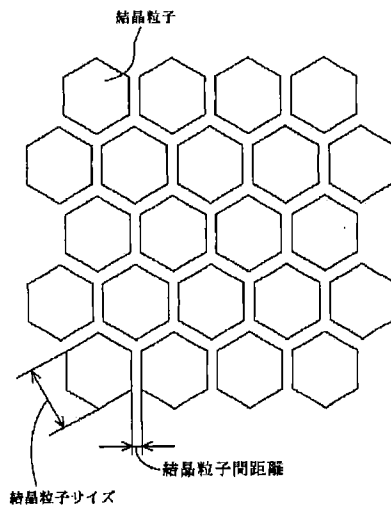
【図1】



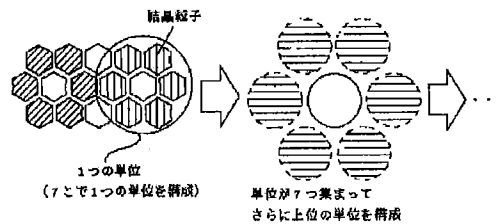
【図2】



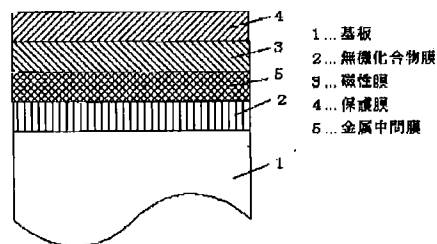
【図3】



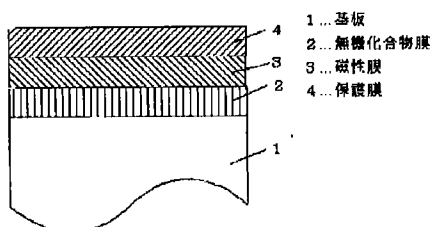
【図4】



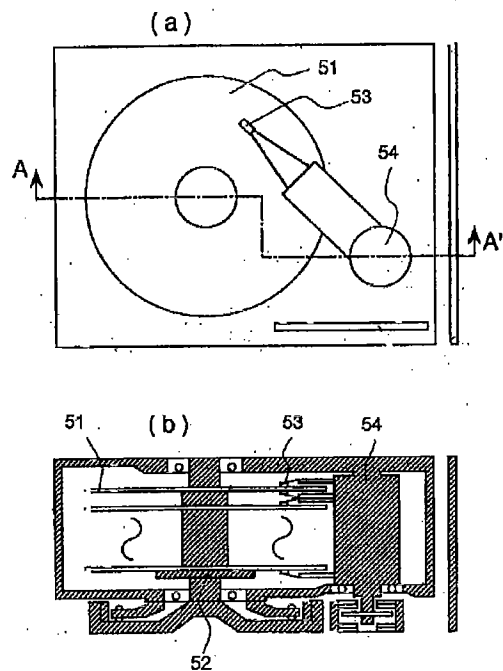
【図7】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 竹内 輝明  
大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立マ  
クセル株式会社内  
(72)発明者 若林 康一郎  
大阪府茨木市丑寅一丁目1番88号 日立マ  
クセル株式会社内

Fターム(参考) 4G077 AA03 AA07 AB05 BA01 BB03  
BB05 BB10 HA12  
4K029 AA09 AA24 BA24 BA43 BA46  
BA50 BB02 BB08 BB10 BC06  
BD11 CA05  
5D006 BB01 BB02 BB07 CA03 CA05  
CA06 CB04 DA03 FA01 FA09  
5D112 AA03 AA05 AA24 BA03 BA06  
BB05 BD03 FA04  
5E049 AA04 AA09 AA10 BA06 CB01  
CC01 DB04 DB12